

EFEITO DE DENSIDADE E ARRANJO DE PLANTAS DE GIRASSOL

II. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E INTERCEPTAÇÃO DE RADIAÇÃO SOLAR¹.

EDUARDO SCHMIDT² e PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA³

RESUMO - Com o objetivo de avaliar os efeitos de densidade e arranjo de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) em características agronômicas e na interceptação de radiação solar efetuada pelas plantas da cultivar 'Contisol 711', conduziu-se um experimento em Guaíba, RS, na estação de crescimento de 1983. Foram testadas duas densidades - 25.000 e 50.000 plantas/ha - e cinco arranjos de plantas: dois espaçamentos em fileiras simples, de 100 cm e 70 cm; dois arranjos em fileiras duplas, distanciadas 150 cm e 200 cm (50 cm entre filas na fileira dupla); e um arranjo com as plantas uniformemente distanciadas nas/e entre as filas. Os índices de área foliar e de colheita, bem como a estatura de planta, foram maiores com 50.000 do que com 25.000 plantas/ha. Por outro lado, as plantas da menor densidade apresentaram maior rendimento biológico e área foliar por planta e maior umidade de aquênios na colheita. Os arranjos em fileiras simples apresentaram maior área foliar e rendimento biológico por planta, bem como índice de área foliar e interceptação de radiação. Os tratamentos com fileiras duplas evidenciaram maior estatura de planta que os demais.

Termos para indexação: aquênios, óleo de girassol, *Helianthus annuus*.

EFFECT OF DENSITY AND ARRANGEMENT OF PLANTS OF SUNFLOWER

II. AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND INTERCEPTION OF SOLAR RADIATION.

ABSTRACT - With the objective of evaluating the effect of sunflower (*Helianthus annuus* L.) plant density and arrangement of the population on agronomic characteristics and on interception of solar radiation by plants of the cultivar 'Contisol 711', a research was conducted at Guaíba, RS, Brazil, during the 1983 growing season. Populations of 25.000 and 50.000 plants/ha were tested in five arrangements: two single row spacings, 100 cm and 70 cm apart; two double row systems spaced 150 cm and 200 cm apart (50 cm between rows in the double rows); and one system with plants uniformly spaced within and between rows. The leaf area and harvest index, as well as plant height were higher with 50.000 than 25.000 plants/ha. On the other hand, plants in the lowest population presented higher biological yield and leaf area per plant and achene moisture at harvest. The single row arrangements presented higher leaf area and biological yield per plant, as well as leaf area index and interception of solar radiation. Double rows showed higher plant height.

Index terms: achenes, sunflower oil, *Helianthus annuus*.

INTRODUÇÃO

O rendimento de aquênios do girassol é função de diversas características agronômicas que, interagindo entre si e com o ambiente, possibilitam a expressão do potencial genético da cultivar utilizada.

Diversas práticas agronômicas podem ser empregadas com vistas à maximização de utilização dos recursos do ambiente disponíveis. Duas delas são a densidade de semeadura e o arranjo de plantas.

A análise de características agronômicas e de ambiente torna-se importante na medida em que o rendimento econômico da cultura é a expressão final destas mesmas características, e assim obtém-se uma diferenciação mais abrangente das práticas empregadas.

O girassol apresenta rápido desenvolvimento da área foliar, atingindo o estágio R 1 da escala de desenvolvimento proposta por Schneiter & Miller (1981), com 50% da área expandida (Vranceanu 1977) e área foliar máxima na antese (Saugier 1976, English et al. 1979, Rawson & Turner 1982).

¹ Aceito para publicação em 30 de abril de 1986.

Parte do trabalho de dissertação do primeiro autor para obtenção do grau de Mestre em Agron., Dep. de Fitot., Fac. de Agron. da UFRGS. Trabalho financiado pela FAPERGS (Proc. 248/83 e 240/84).

² Eng. - Agr., M.Sc., IPAGRO - Secretaria da Agric., Estação Experimental de Veranópolis, Caixa Postal 44, CEP 95330 Veranópolis, RS.

³ Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Adjunto, Dep. de Fitot., Fac. Agron. da UFRGS, bolsista do CNPq, Caixa Postal 776, CEP 90000 Porto Alegre, RS.

A área foliar na antese apresenta grande relação com a produção final de aquênios (Vranceanu 1977, Rawson et al. 1980, Rawson & Turner 1982), em função da quantidade de radiação interceptada pela mesma.

Assim, a quantidade de radiação solar interceptada pela comunidade vegetal é um importante fator determinante da produtividade final de uma cultura (Shibles & Weber 1966, Shaw & Weber 1967, Mitchell 1970), tendo em vista que praticamente toda a matéria seca das plantas superiores origina-se da fotossíntese (Chang 1968, Good & Bell 1980). Desta forma, a variação na densidade e no arranjo de plantas, que modifica a interceptação de luz, é um dos fatores que afetam o rendimento final de grãos (Stickler 1964, Shibles & Weber 1966, Mundstock 1978).

Além da dimensão da área foliar, o acúmulo de matéria seca nos grãos depende da duração da atividade fotossintética, bem como da taxa dessa atividade por área foliar (Mitchell 1970, Good & Bell 1980).

Outra característica afetada pela densidade e arranjo de plantas é a estatura de planta, que responde à variação da competição intraespecífica (Miller & Fick 1978, Miller & Roath 1982). A elevação da competição pode provocar o estiolamento de plantas e conseqüente redução do diâmetro de caule. A radiação constitui no principal fator de competição (Vijayalakshmi et al. 1975, Robinson 1978).

O rendimento biológico aparente (RBA), definido como matéria seca acumulada acima do solo por uma comunidade vegetal, também pode ser afetado pela variação da densidade e arranjo de plantas (Silva 1972, Souza 1976). Quando analisado conjuntamente com o índice de colheita, possibilita o estudo da eficiência de partição dos produtos fotossintetizados (Nichiporovich, citado por Mitchell 1970).

Por outro lado, o índice de colheita aparente (ICA), ou seja, a razão entre peso de aquênios e peso total da planta acima do solo, não apresentou variação em função do arranjo de plantas em experimento efetuado por Vijayalakshmi et al. (1975). O ICA é um indicativo da eficiência de partição dos produtos da fotossíntese e da habilidade de produção de grãos (Nichiporovich, citado por

Mitchell 1970, Donald citado por Deloughery & Crookston 1979).

A modificação na densidade e no arranjo de plantas pode influenciar na duração dos subperíodos de desenvolvimento do girassol. O subperíodo emergência-florescimento (antese) é pouco influenciado (Vijayalakshmi et al. 1975, Robinson 1978) ou aumentado (Putt & Fehr 1951, Alessi et al. 1977, Miller & Fick 1978). Já o subperíodo antese-colheita diminui em função da elevação da densidade de semeadura, expresso em termos de menor umidade de capítulos (Robinson et al. 1980, Miller & Roath 1982).

MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento na estação experimental agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, município de Guaíba, RS, em solo da unidade de mapeamento São Jerônimo (Brasil. Ministério da Agricultura 1973), no ano de 1983.

Os tratamentos foram compostos pelas densidades de 25.000 e 50.000 plantas/ha e cinco arranjos de plantas: dois espaçamentos em fileiras simples, distanciadas 100 cm e 70 cm; dois arranjos em fileiras duplas, distanciadas 150 cm e 200 cm, com as linhas na fileira dupla distanciadas 50 cm; e um arranjo com as plantas uniformemente distanciadas entre filas e entre plantas na fila, 63 cm e 45 cm para as densidades de 25.000 e 50.000 plantas/ha, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completamente casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As densidades foram localizadas nas parcelas principais, e os arranjos de plantas, nas subparcelas. A semeadura foi realizada em seis de setembro de 1983, utilizando-se como reagente a cultivar 'Contisol 711' (Sementes Contibrasil). A colheita foi efetuada aos 114 dias após a emergência.

O experimento foi conduzido em condições naturais (sem irrigação) e livre de infestação de plantas daninhas. A adubação constou de correção com 60 kg/ha de P_2O_5 e manutenção de 25-60-90 kg/ha de $N-P_2O_5-K_2O$, conforme recomendado pela análise de solo efetuada pelo Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Realizaram-se duas coberturas com sulfato de amônio, aos 38 dias após a emergência, com 80 kg/ha de N (estádio R 1 da escala de Schneiter & Miller 1981), e aos 17 dias após a primeira aplicação, com 30 kg/ha de N (estádio R 3 da mesma escala).

A área foliar por planta foi determinada nos estádios R 1, R 3, R 5 e R 7 da escala de Schneiter & Miller (1981), tomando-se seis plantas por tratamento em cada repetição. A área foliar das plantas de uma repetição dos tratamentos foi medida com integrador eletrônico de área,

modelo LAMBDA LI 3000. Posteriormente, procedeu-se à secagem do material das quatro repetições em estufa a 70°C até peso constante. Através da relação entre peso seco e área foliar das plantas da primeira repetição, obteve-se a área foliar das três repetições restantes. No estádio R 7, apenas as folhas verdes foram consideradas na determinação da área foliar por planta.

O índice de área foliar foi obtido através da razão entre a área foliar de uma planta e a área de solo por ela ocupada, sendo calculado para os mesmos estádios de determinação de área foliar por planta. No estádio R 7, apenas as folhas ainda verdes foram utilizadas no cálculo do índice de área foliar.

Além da determinação do índice de área foliar no estádio R 7, realizou-se a avaliação de senescência foliar através da relação dos pesos secos de folhas já secas em comparação com aquelas ainda verdes.

A determinação da radiação solar incidente no solo foi realizada em locais previamente demarcados por estacas, situados no ponto intermediário entre duas filas de plantas, tomando-se dois e três locais para tratamentos em fileiras simples e duplas, respectivamente. Esta determinação foi efetuada no final da antese (estádio R 5.10, da escala de Schneiter & Miller 1981), com dois fitofotômetros da marca Iljin, modelo IL-150 (Lambda Instruments), entre as 11 e as 13 h, em dia claro com nuvens esparsas, realizando-se a leitura nas quatro repetições do experimento. Mediu-se a radiação solar dispondo-se o sensor de um dos aparelhos no ponto demarcado na subparcela e outro fora do experimento, efetuando-se simultaneamente a leitura dos dois aparelhos nos comprimentos de onda 0,40 a 0,51; 0,61 a 0,70; e 0,70 a 0,92 micra, correspondentes às radiações azul, vermelho e vermelho-distante.

Posteriormente, calculou-se a razão entre a radiação no solo no tratamento e a radiação solar (I_a/I_0), definindo-se essa como a radiação disponível fora do experimento, obtendo-se I, que representa o índice de disponibilidade de radiação a nível de solo na entrelinha da cultura. Nos arranjos em fileiras simples, efetuou-se a média da leitura nos diferentes comprimentos de onda, pontos de determinação e repetições, obtendo-se, desta forma, um índice apenas; naqueles em fileiras duplas, optou-se pela apresentação de dois índices, ou seja, um deles representando a média entre comprimentos de onda e repetições no ponto situado na fileira dupla, e o outro representando a média entre os dois pontos, comprimentos de onda e repetições, entre filas pareadas. Optou-se por esta diferenciação tendo em vista que um índice médio obtido entre a radiação na fila pareada (interceptação quase total) e radiação entre filas pareadas (interceptação muito pequena) não representaria a distribuição real da radiação nestes tratamentos.

Conjuntamente a esta determinação, efetuou-se a medição da extensão de solo não sombreada entre duas fileiras consecutivas de plantas. Esta característica foi determinada entre as 11 h e as 13 h, no início da antese (estádio R 5).

A estatura de planta foi determinada medindo-se a distância entre o colo da planta e a inserção do capítulo no caule, utilizando-se dez plantas por subparcela em três épocas de determinação, estádios R 1, R 3 e R 5 (Schneiter & Miller 1981).

O rendimento biológico da parte aérea (RBA, rendimento biológico aparente), incluindo caule, pecíolos e folhas na primeira época, caule, pecíolos, folhas e capítulos na segunda e terceira épocas, e caule, pecíolos, folhas, capítulos e aquênios na quarta, foi determinado através da coleta de dez plantas por subparcela nos estádios R 1, R 3, R 5 e R 9 da escala de Schneiter & Miller (1981). Estas plantas foram seccionadas ao nível do solo e secadas em estufa até peso constante e, posteriormente, pesadas. O RBA por hectare foi calculado multiplicando-se o peso médio de uma planta pelo número de plantas correspondente a cada densidade. Posteriormente, efetuou-se a exclusão da porção aquênios do RBA por planta e por hectare no estádio R 9, o que se convencionou chamar "RBA parcial".

O índice de colheita aparente foi obtido no estádio R 9 da escala de Schneiter & Miller (1981), pela relação do peso de aquênios e RBA, em dez plantas por subparcela.

A determinação da umidade de aquênios na colheita foi realizada através de debulha manual de cinco capítulos por subparcela em duas repetições, obtidas das plantas colhidas para determinação do RBA no estádio R 9. Foram pesados os aquênios logo após a debulha e colocados a secar separadamente, após o que, foram novamente pesados, calculando-se então a umidade dos mesmos.

RESULTADOS

A área foliar por planta foi sempre maior na densidade de 25.000 plantas/ha, exceto na primeira determinação, estádio R 1 (Tabela 1). A diferença de área foliar por planta entre as duas densidades foi aumentando à medida que se retardou a época de amostragem, de tal forma que em R 5 a área foliar por planta na densidade de 25.000 plantas/ha foi 83% superior à verificada na densidade de 50.000 plantas/ha.

O arranjo de plantas afetou a área foliar por planta em todas as épocas de determinação, exceto a realizada no estádio R 3. Com relação aos efeitos de arranjo de plantas, nota-se que o equidistante sempre se colocou no grupo que apresentou plantas com maior área foliar, independentemente da época de amostragem. No estádio R 1, as plantas dos arranjos em fileiras duplas apresentaram maior área foliar que as dos arranjos em fileiras simples (excluídos os arranjos equidistantes). Esta situação se inverte no estádio R 5.

TABELA 1. Área foliar por planta (cm²), em quatro estádios de desenvolvimento de girassol 'Contisol 711', em função de densidade e arranjo de plantas, EEA-UFRGS, Guaíba, RS, 1983.

Densidade (plantas/ha)	Área foliar por planta (cm ²)						Médias	%	CV ** (%)
	Fileiras simples		Esp. equid. 63 cm (25.000) 45 cm (50.000)	Fileiras duplas ¹					
	100 cm	70 cm		50 cm x 150 cm	50 cm x 200 cm				
Estádio R 1									
25.000	2106	1871	2544	2678	2739	2388	112	PP 16,6	
50.000	1715	1901	2631	2374	2015	2127	100	SP 18,6	
Média	1910 B*	1886 B	2587 A	2526 A	2377 A	2257			
Estádio R 3									
25.000	5908	5445	5900	5593	5045	A 5578	155	PP 2,2	
50.000	3455	4049	3604	3445	3388	B 3588	100	SP 9,4	
Média	4681	4747	4752	4519	4216	4583			
Estádio R 5									
25.000	11289	9811	10767	10265	9359	A 10308	183	PP 13,0	
50.000	5872	6211	5766	5199	5097	B 5629	100	SP 9,4	
Média	8580 A	8036 ABC	8266 AB	7732 BC	7228 C	7986			
Estádio R 7									
25.000	4302	5149	5328	5145	4450	A 4875	216	PP 29,1	
50.000	1879	1744	2840	2829	2015	B 2261	100	SP 19,3	
Média	3090 C	3446 ABC	4084 A	3987 AB	3232 BC	3568			

¹ 50 cm refere-se a espaçamento entre filas na fileira dupla, e 150 cm ou 200 cm, a espaçamento entre fileiras duplas.

* Médias seguidas (na linha) ou antecedidas (na coluna) de mesma letra não diferem estatisticamente (P > 0,05) pelo teste de Duncan.

** CV - coeficiente de variação; PP - parcela principal; SP - subparcela.

TABELA 2. Índice de área foliar em quatro estádios de desenvolvimento do girassol 'Contisol 711', em função de densidade e arranjo de plantas, EEA-UFRGS, Guaíba, RS, 1983.

Densidade (plantas/ha)	Índice de área foliar						Médias	%	CV ** (%)
	Fileiras simples		Esp. equid. 63 cm (25.000) 45 cm (50.000)	Fileiras duplas ¹					
	100 cm	70 cm		50 cm x 150 cm	50 cm x 200 cm				
Estádio R 1									
25.000	0,53	0,47	0,63	0,67	0,68	B 0,60	58	PP 22,8	
50.000	0,86	0,95	1,31	1,18	0,88	A 1,04	100	SP 23,0	
Média	0,69 C*	0,71 BC	0,97 A	0,92 AB	0,78 ABC	0,82			
Estádio R 3									
25.000	1,48	1,36	1,47	1,40	1,26	B 1,39	78	PP 10,7	
50.000	1,73	2,02	1,80	1,72	1,69	A 1,79	100	SP 10,2	
Média	1,60 NS	1,69	1,63	1,56	1,47	1,59			
Estádio R 5									
25.000	2,82	2,46	2,69	2,57	2,34	B 2,58	91	PP 6,1	
50.000	2,94	3,11	2,88	2,60	2,55	A 2,88	100	SP 8,7	
Média	2,88 A	2,78 AB	2,78 AB	2,58 BC	2,44 C	2,70			
Estádio R 7									
25.000	1,08	1,29	1,33	1,28	1,11	NS 1,22	108	PP 22,1	
50.000	0,94	0,87	1,42	1,41	1,01	1,13	100	SP 19,7	
Média	1,01 B	1,08 B	1,37 A	1,34 A	1,06 B	1,17			

¹ 50 cm refere-se a espaçamento entre filas na fileira dupla, e 150 cm ou 200 cm, a espaçamento entre fileiras duplas.

* Médias seguidas (na linha) ou antecedidas (na coluna) de mesma letra não diferem estatisticamente (P > 0,05) pelo teste de Duncan.

** CV - coeficiente de variação; PP - parcela principal; SP - subparcela.

A área foliar máxima por planta foi alcançada no estádio R 5, antese. O rápido desenvolvimento de área foliar após o estádio R 1 também merece destaque: efetuando-se a média entre densidades

e arranjos, nota-se que até o estádio R 1 a cultura apresentava 30% da área foliar máxima (estádio R 5), num período de 38 dias. No estádio R 3, dez dias após, o incremento da área foliar foi de 28%,

ao passo que até o estádio R 5 o incremento foi de 41%, levando, para isto, quatorze dias. De R 5 a R 7, um período de 30 dias de duração, houve redução de 56% na área foliar por planta.

Ao contrário dos resultados obtidos com área foliar por planta, o índice de área foliar (IAF) foi maior na densidade de 50.000 plantas/ha, exceto na quarta determinação, estádio R 7 (Tabela 2). Estas diferenças em IAF entre as duas densidades foram diminuindo à medida que as plantas se desenvolveram. No estádio R 7, embora não fosse significativo, o IAF obtido com 25.000 plantas/ha tendeu a ser maior que o de 50.000 plantas/ha.

O efeito de arranjo de plantas no IAF foi variável conforme a época de amostragem. O arranjo equidistante, no entanto, sempre esteve no grupo de tratamentos com maior IAF. Da mesma forma que a área foliar por planta, o IAF máximo foi alcançado na antese, estádio R 5 (Tabela 2).

O RBA por planta sempre foi maior na densidade de 25.000 plantas/ha, exceto na primeira determinação (estádio R 1). Estas diferenças foram aumentando com o retardamento da época de amostragem (Tabela 3).

Esta característica foi afetada pelo arranjo de plantas em apenas duas épocas de determinação. Em R 3, o RBA das plantas dispostas no arranjo em fileiras duplas 50 cm x 200 cm foi inferior ao dos demais tratamentos; em R 9, o RBA deste arranjo foi inferior apenas ao das plantas nos arranjos em fileiras simples, de 100 cm e 70 cm de espaçamento. O RBA por hectare, determinado no estádio R 9, não variou em função de densidade ou arranjo (Tabela 4).

Na Tabela 4, encontram-se os dados de RBA parcial (com exclusão de aquênios) por planta e por hectare no estádio R 9. O RBA parcial por planta, à semelhança do RBA, foi maior na densidade de 25.000 plantas/ha. Na comparação entre arranjos, fileiras duplas 50 cm x 200 cm, apresentou menor RBA parcial por planta, não diferindo, no entanto, dos tratamentos 50 cm x 150 cm e equidistante. Já o RBA parcial por hectare não foi influenciado pelo fator densidade; na comparação entre arranjos, o sistema em fileiras duplas, de 50 cm x 200 cm, mostrou menor RBA parcial por hectare, não diferindo de 50 cm x 150 cm e equidistante.

TABELA 3. Rendimento biológico por planta de girassol (g/planta) em quatro estádios de desenvolvimento, em função de densidade e arranjo de plantas, EEA-UFRGS, Guaíba, RS, 1983.

Densidade (plantas/ha)	Rendimento biológico por planta (g/planta)								CV** (%)
	Fileiras simples		Esp. equid. 63 cm (25.000) 45 cm (50.000)	Fileiras duplas ¹		Médias	%		
	100 cm	70 cm		50 cm x 150 cm	50 cm x 200 cm				
Estádio R 1									
25.000	17,6	17,9	17,8	18,8	16,3	NS	17,7	116	PP 14,4
50.000	14,6	18,6	15,2	15,5	12,8				
Média	16,1 NS*	18,2	16,5	17,1	14,5	16,5			SP 18,6
Estádio R 3									
25.000	53,2	48,6	50,2	51,0	43,1	A	49,2	141	PP 3,4
50.000	34,5	39,9	35,0	33,6	31,8	B	35,0	100	SP 8,9
Média	43,8 A	44,2 A	42,6 A	42,3 A	37,4 B		42,1		
Estádio R 5									
25.000	158,0	145,9	150,0	142,1	124,7	A	144,1	161	PP 38,9
50.000	91,4	102,0	95,9	79,7	78,5	B	89,5	100	SP 39,0
Média	124,7 NS	123,9	122,9	110,9	101,6		116,8		
Estádio R 9									
25.000	266	269	254	244	229	A	252	197	PP 8,7
50.000	130	133	131	126	120	B	128	100	SP 9,5
Média	198 A	201 A	192 AB	185 AB	174 B		190		

¹ 50 cm refere-se a espaçamento entre filas na fileira dupla, e 150 cm ou 200 cm, a espaçamento entre fileiras duplas.

* Médias seguidas (na linha) ou antecedidas (na coluna) de mesma letra não diferem estatisticamente ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

** CV - coeficiente de variação; PP - parcela principal; SP - subparcela.

TABELA 4. Rendimento biológico por hectare (kg/ha) e rendimento biológico parcial (exclusão de aquênios) por planta (g/planta) e por hectare (kg/ha) no estádio R 9 de girassol 'Contisol 711', em função de densidade e arranjo de plantas, EEA-UFRGS, Guaíba, RS, 1983.

Densidade (plantas/ha)	Fileiras simples		Esp. equid. 63 cm (25.000) 45 cm (50.000)	Fileiras duplas		Médias	%	CV** (%)
	100 cm	70 cm		50 cm x 150 cm	50 cm x 200 cm			
Rendimento biológico por hectare (kg/ha)								
25.000	6656	6719	6419	6106	6487	NS 6477	101	PP 7,2
50.000	6487	6637	6537	6287	6012	6392	100	SP 9,0
Média	6571 NS*	6678	6478	6196	6249	6434		
Rendimento biológico parcial por planta (g/planta)								
25.000	172	175	164	156	144	A 162	222	PP 10,4
50.000	76	77	74	70	66	B 73	100	SP 12,4
Média	124 A	126 A	119 AB	113 AB	105 B	117		
Rendimento biológico parcial por hectare (kg/ha)								
25.000	4300	4387	4106	3900	3594	NS 4057	111	PP 13,0
50.000	3800	3875	3687	3525	3312	3640	100	SP 20,0
Média	4050 A	4131 A	3896 AB	3712 AB	3453 B	3848		

¹ 50 cm refere-se a espaçamento entre filas na fileira dupla, e 150 cm ou 200 cm, a espaçamento entre fileiras duplas.

* Médias seguidas (na linha) ou antecedidas (na coluna) de mesma letra não diferem estatisticamente ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

** CV - coeficiente de variação; PP - parcela principal; SP - subparcela.

TABELA 5. Estatura de planta (cm) de girassol 'Contisol 711', em três estádios de desenvolvimento, em função de densidade e arranjo de plantas, EEA-UFRGS, Guaíba, RS, 1983.

Densidade (plantas/ha)	Fileiras simples		Esp. equid. 63 cm (25.000) 45 cm (50.000)	Fileiras duplas		Médias	%	CV** (%)
	100 cm	70 cm		50 cm x 150 cm	50 cm x 200 cm			
Estádio R 1								
25.000	43	41	40	45	45	B 43	84	PP 30,5
50.000	50	52	44	54	57	A 51	100	SP 35,8
Média	46 AB*	46 AB	42 B	49 A	51 A	47		
Estádio R 3								
25.000	95	87	86	94	96	B 92	87	PP 13,0
50.000	107	106	96	111	110	A 106	100	SP 28,8
Média	101 AB	96 BC	91 C	102 A	103 A	99		
Estádio R 5								
25.000	160	159	154	169	175	B 163	92	PP 10,5
50.000	180	176	166	179	183	A 177	100	SP 18,8
Média	170 BC	167 C	160 D	174 AB	179 A	170		

¹ 50 cm refere-se a espaçamento entre filas na fileira dupla, e 150 cm ou 200 cm, a espaçamento entre fileiras duplas.

* Médias seguidas (na linha) ou antecedidas (na coluna) de mesma letra não diferem estatisticamente ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

** CV - coeficiente de variação; PP - parcela principal; SP - subparcela.

Independentemente de época de determinação, a estatura de planta foi sempre superior na densidade de 50.000 plantas/ha. Em valores percentuais, as diferenças em estatura de planta em função de densidade foram diminuindo com o atraso da época de amostragem (Tabela 5). Na comparação entre arranjos, o equidistante esteve sempre no grupo que apresentou a menor estatura de planta. Por outro lado, os arranjos em fileiras duplas sempre fizeram parte do grupo em que as plantas tinham maior estatura (Tabela 5).

Pode-se observar um rápido incremento na estatura em curto período de tempo. Assim, esta característica aumentou 110% num período de apenas dez dias (R 3 em relação a R 1) e 72% num período de quatorze dias (R 5 em relação a R 3).

A radiação solar incidente no solo foi superior na menor densidade (Fig. 1). Com relação ao arranjo de plantas, notou-se uma diminuição na quantidade de radiação no solo à medida que diminuiu o espaçamento entre filas. Observou-se, também, que os arranjos em fileiras duplas eviden-

ciaram a menor e a maior quantidade de radiação, respectivamente no ponto da fila pareada e no ponto entre filas pareadas (Fig. 1). Os dados de radiação solar no solo não foram analisados estatisticamente.

Os dados relativos à extensão de solo não sombreado entre duas fileiras de plantas são mostrados na Tabela 6. Esta característica também não foi analisada estatisticamente, porém observou-se maior extensão de solo não sombreado à medida que se aumentou o espaçamento entre filas, acima de 100 cm. A diferença entre densidades para esta variável foi pequena, apenas 8%.

Os dados de área foliar seca obtidos em amostragem realizada no estádio R 7 indicaram que a senescência foliar ocorreu mais cedo nas plantas da densidade de 50.000 plantas/ha (Tabela 6), bem como nos arranjos em fileiras simples e equidistantan-

te.

A umidade de aquênios na colheita variou apenas em função de densidade (Tabela 7). Na menor densidade, a umidade de aquênios na colheita foi superior à verificada na densidade de 50.000 plantas/ha.

O índice de colheita aparente foi afetada apenas pela densidade de semeadura. As plantas na densidade de 50.000 plantas/ha foram mais eficientes (16%) que na de 25.000 plantas/ha (Tabela 7). Esta maior eficiência das plantas na densidade de 50.000 plantas/ha pôde também ser constatada pela análise da relação peso de aquênios/peso de capítulo, que foi maior na densidade de 50.000 plantas/ha. Esta relação foi afetada pelo arranjo de plantas; nos tratamentos em fileiras duplas, a relação peso de aquênios/peso de capítulo foi maior que nos demais (Tabela 7).

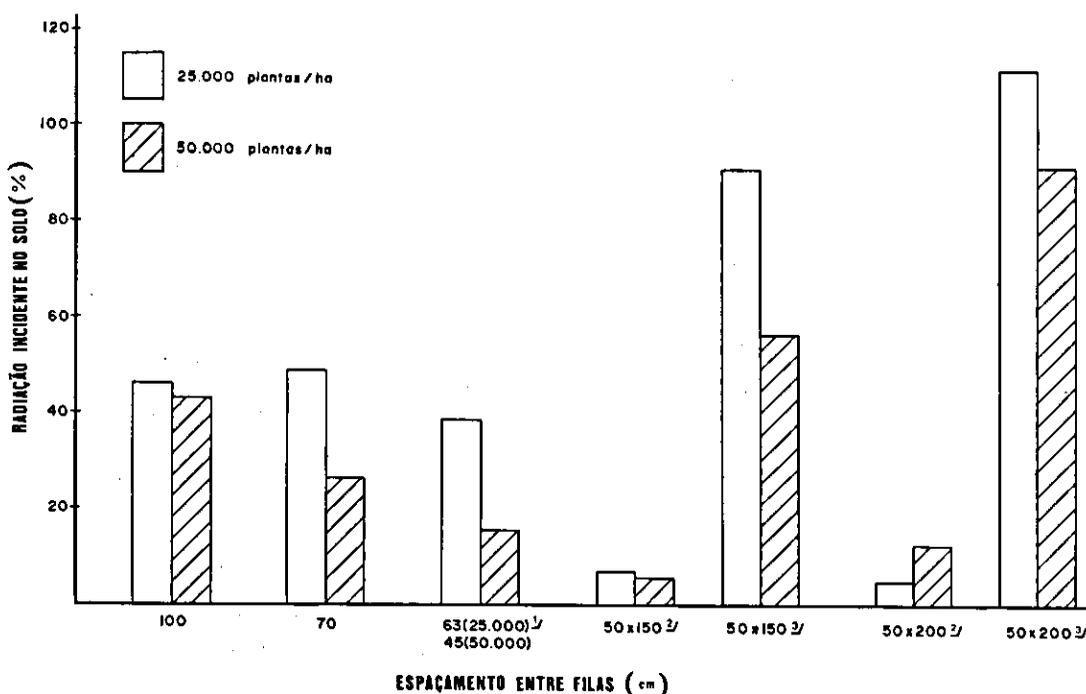


FIG. 1. Percentagem de radiação solar, médias dos comprimentos de onda 0,40 a 0,51, 0,61 a 0,70 e 0,70 a 0,92 micra, correspondentes às radiações azul, vermelho e vermelho-distante, incidente no solo entre duas fileiras de plantas, na antese do girassol 'Contisol 711', EEA-UFRGS, Guaíba, RS, 1983.

- 1 Espaçamento equidistante (na linha e na entrelinha);
- 2 Entrelinhas de fileira dupla;
- 3 Entre fileiras duplas.

TABELA 6. Extensão de solo não sombreado na entre-fila (estádio R 5) e percentagem de área foliar seca no estádio R 7 de girassol 'Contisol 711', em função de densidade e arranjo de plantas, EEA-UFRGS, Guaíba, RS, 1983.

Densidade (plantas/ha)	Fileiras simples		Esp. equid. 63 cm (25.000) 45 cm (50.000)	Fileiras duplas ¹		Médias	%	CV ** (%)
	100 cm	70 cm		50 cm x 150 cm	50 cm x 200 cm			
	Solo não sombreado ² (cm)							
25.000	53	0	0	83 ³	135 ³	54	108	
50.000	40	0	0	73	136	50	100	
Média	46	0	0	78	135	52		
	Área foliar seca (%)							
25.000	47	47	46	36	41	B 43	84	PP 12,5
50.000	51	59	56	44	45	A 51	100	SP 9,5
Média	49 ABC*	53 A	51 AB	40 C	43 BC	47		

¹ 50 cm refere-se a espaçamento entre filas na fileira dupla, e 150 cm ou 200 cm, a espaçamento entre fileiras duplas.

² Não analisado estatisticamente.

³ Refere-se apenas a espaçamento entre fileiras duplas.

* Médias seguidas (na linha) ou antecedidas (na coluna) de mesma letra não diferem estatisticamente ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

** CV - coeficiente de variação; PP - parcela principal; SP - subparcela.

TABELA 7. Umidade de aquênios na colheita, índice de colheita e relação peso de aquênios/peso de capítulo de girassol 'Contisol 711', em função de densidade e arranjo de plantas, EEA-UFRGS, Guaíba, RS, 1983.

Densidade (plantas/ha)	Fileiras simples		Esp. equid. 63 cm (25.000) 45 cm (50.000)	Fileiras duplas ¹		Médias	%	CV ** (%)
	100 cm	70 cm		50 cm x 150 cm	50 cm x 200 cm			
	Umidade de aquênios (%)							
25.000	19,3	21,2	21,6	17,1	16,0	A 19,0	161	PP 6,1
50.000	12,0	9,3	12,0	9,7	16,0	B 11,8	100	SP 24,7
Média	15,6 NS	15,2	16,8	13,4	16,0	15,4		
	Índice de colheita							
25.000	0,41	0,40	0,41	0,41	0,43	B 0,41	84	PP 7,0
50.000	0,48	0,47	0,49	0,49	0,50	A 0,49	100	SP 5,0
Médias	0,45 NS	0,43	0,45	0,45	0,46	0,45		
	Aquênios por capítulo (%)							
25.000	72	70	70	75	76	B 73	84	PP 5,6
50.000	87	84	86	90	90	A 87	100	SP 3,3
Média	79 BC*	77 C	78 C	82 AB	83 A	80		

¹ 50 cm refere-se a espaçamento entre filas na fileira dupla, e 150 cm ou 200 cm a espaçamento entre fileiras duplas.

* Médias seguidas (na linha) ou antecedidas (na coluna) de mesma letra não diferem estatisticamente ($P > 0,05$) pelo teste de Duncan.

** CV - coeficiente de variação; PP - parcela principal; SP - subparcela.

DISCUSSÃO

Para todas as características avaliadas, não houve interação entre densidade e arranjo de plantas. Desta maneira, serão discutidos separadamente os efeitos simples de densidade e arranjo de plantas.

A radiação solar no solo entre duas fileiras de plantas (o que equivale a dizer radiação não interceptada pela cultura) apresentou-se menor na den-

sidade de 50.000 plantas/ha e nos espaçamentos entre filas menores. Nos arranjos em fileiras duplas, a quantidade de radiação no ponto entre fileiras duplas apresentou os maiores valores, que, associados à ampla área do solo não sombreada, evidencia grande quantidade de radiação não interceptada, que pode ter se constituído uma das causas de menor rendimento de aquênios (Silva & Schmidt 1985) nestes arranjos. A mesma consideração tam-

bém é aplicável para diferenças observadas entre densidades.

Além de interceptarem maior quantidade de radiação, as plantas da densidade de 50.000 plantas/ha evidenciaram maior IAF, o que pode ter propiciado maior acúmulo de matéria seca nos aquênios. O maior IAF nesta densidade foi observado em todas épocas de determinação, com exceção do estágio R 7, evidenciando maior aproveitamento da radiação solar ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas.

A variação do arranjo também afetou o IAF e a área foliar por planta, que, por sua vez, pode ter influenciado o rendimento de aquênios. Assim, as plantas dos arranjos em fileiras duplas, além de interceptarem menor quantidade de radiação solar incidente, apresentaram menor IAF.

O maior ICA verificado para a densidade de 50.000 plantas/ha indicou maior alocação de matéria seca aos aquênios em plantas sujeitas a algum tipo de estresse (Rawson & Turner 1982). Na densidade de 50.000 plantas/ha, as plantas evidenciaram maior competição pelas condições do ambiente através do menor desenvolvimento de diversas características agrônômicas (área foliar e rendimento biológico por planta, por exemplo). Desta forma, ocorreu menor desenvolvimento da porção vegetativa em relação à parte reprodutiva (aquênios), contribuindo para o maior ICA verificado nesta densidade.

O rendimento biológico por planta na densidade de 25.000 plantas/ha no estágio R 9 foi 97% maior em relação à outra densidade, sendo que apenas 41% desta matéria seca era constituída por aquênios. Já que o RBA se mostrou similar nas duas densidades, pôde-se observar, pelo RBA parcial, que o maior RBA por planta na densidade menor foi devido mais ao aumento na porção vegetativa, em detrimento da porção reprodutiva.

Analisando-se apenas o capítulo, observou-se que na densidade de 25.000 plantas/ha a relação peso de aquênios/peso de capítulo foi menor que na densidade de 50.000 plantas/ha, indicando maior eficiência das plantas na maior densidade de alocarem fotossintatos aos aquênios também no capítulo.

Por outro lado, não se observou variação do ICA em função de arranjo. Isto pode ser explicado

pela relação peso de aquênios/peso de capítulo, que exibiu correlação negativa ($n = -0,92$) com o rendimento biológico aparente por planta, ou seja, os acréscimos da porção vegetativa em função da menor competição entre-plantas ocorreram em detrimento da porção reprodutiva (aquênios).

A maior competição entre-plantas promoveu o estiolamento de plantas, fazendo com que sua estatura fosse sempre maior na densidade de 50.000 plantas/ha. O estiolamento é devido à competição pela luz. Na comparação entre arranjos, também se observa o efeito da competição entre-plantas na sua estatura, com o arranjo equidistante (menor competição) apresentando a menor estatura e filas pareadas, a maior estatura.

A densidade e arranjo de plantas não afetaram a duração dos estádios de desenvolvimento do girassol. Contudo, a densidade de 50.000 plantas/ha evidenciou senescência de planta mais cedo, tanto pela maior percentagem de folhas secas no estágio R 7 como pela menor umidade de aquênios desta densidade no momento da colheita.

Esta senescência mais rápida das plantas na maior densidade deve-se provavelmente, à menor demanda de fotossintatos pelos órgãos de reserva, tendo em vista o menor número de aquênios por capítulo destas plantas (Silva & Schmidt 1985), à semelhança do que foi verificado em arroz e milho por Tanaka (1972).

Por apresentarem senescência mais rápida, as plantas na densidade maior poderiam ser colhidas mais cedo, ficando a cultura menor tempo sujeita a danos por aves e a intempéries (Putt & Fehr 1951, Robinson et al. 1980, 1982). Esta antecipação de colheita também seria vantajosa, por permitir o cultivo mais cedo de uma segunda cultura em sucessão.

O período de atividade fotossintética pode determinar variação na quantidade de matéria seca acumulada nos aquênios. Tendo em vista a menor percentagem de folhas secas na densidade de 25.000 plantas/ha, pode-se pressupor maior período de atividade das folhas das plantas nesta densidade, que, no entanto, não se refletiu em maior rendimento de aquênios. A deficiência hídrica durante este período provavelmente limitou em maior grau a atividade fotossintética do que as dimensões da área foliar.

CONCLUSÕES

1. A densidade de semeadura afetou o índice de área foliar e de colheita, bem como a estatura de planta, rendimento biológico aparente, e área foliar por planta.

2. Na maior densidade, a senescência de plantas ocorreu mais cedo, o que teria possibilitado uma colheita antecipada.

3. A área foliar e o rendimento biológico aparente por planta, bem como o índice de área foliar e a estatura de planta, foram afetados pelo arranjo de plantas.

4. A quantidade de radiação solar no solo foi menor nos arranjos em fileiras simples, em relação aos arranjos em fileiras duplas.

REFERÊNCIAS

- ALESSI, J.; POWER, J.F. & ZIMMERMANN, D.C. Sunflower yield and water use as influenced by planting date, population, and row spacing. *Agron. J.*, 69(3):465-9, 1977.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. p.165. (Boletim técnico, 30)
- CHANG, J. Climate and agriculture; an ecological survey. Chicago, Aldine, 1968. 304p.
- DELOUGHERY, R.L. & CROOKSTON, R.K. Harvest index of corn affected by population density, maturing rating, and environment. *Agron. J.*, 71(4): 577-80, 1979.
- ENGLISH, S.D.; MCWILLAM, J.R.; SMITH, R.C.G. & DAVIDSON, J.L. Photosynthesis and partitioning of dry matter in sunflower. *Aust. J. Plant Physiol.*, 6(2):149-64, 1979.
- GOOD, N.E. & BELL, D.H. Photosynthesis, plant productivity and crop yield. In: CARLSON, P.S. The biology of crop productivity. New York, Academic Press, 1980. parte 1, p.3-51.
- MILLER, J.F. & FICK, G.N. Influence of plant population on performance of sunflower hybrids. *Can. J. Plant Sci.*, 58(3):597-600, 1978.
- MILLER, J.F. & ROATH, W.W. Compensatory response of sunflower to stand reduction applied at different plant growth stages. *Agron. J.*, 74(1):119-21, 1982.
- MITCHELL, R.L. Crop growth and culture. Ames, Iowa State Univ. Press, 1970. 349p.
- MUNDSTOCK, C.M. Efeitos de espaçamentos entre linhas e populações de plantas e milho (*Zea mays*) de tipo precoce. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 13(1): 13-8, 1978.
- PUTT, E.D. & FEHR, J.A. Effect of plant spacings, row spacings and number of plants per hill on advance hybrid sunflower. *Sci. Agric.*, 31(11):480-91, 1951.
- RAWSON, H.M.; CONSTABLE, G.A. & HOME, G.N. Carbon production of sunflower cultivars in field and controlled environments. II. Leaf growth. *Aust. J. Plant Physiol.*, 7(5):575-86, 1980.
- RAWSON, H.M. & TURNER, N.C. Recovery from water stress in five sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. I. Effects of the timing of water application on leaf area and seed production. *Aust. J. Plant Physiol.*, 9(4):437-48, 1982.
- ROBINSON, R.G. Production and culture. In: CARTER, J.F. Sunflower; science and technology. Madison, Am. Soc. Agron., 1978. parte 4, p.89-143.
- ROBINSON, R.G.; FORD, J.H.; LUESCHEN, W.E.; RABAS, D.L.; SMITH, L.J.; WARNES, D.D. & WIERSMA, J.W. Response of sunflower to plant population. *Agron. J.*, 72(6):869-71, 1980.
- ROBINSON, R.G.; FORD, J.H.; LUESCHEN, W.E.; RABAS, D.L.; WARNES, D.D. & WIERSMA, J.V. Response of sunflower to uniformity of plant spacing. *Agron. J.*, 74(2):363-5, 1982.
- SAUGIER, B. Sunflower. In: MONTEITH, J.L. Vegetation and the atmosphere. London, Academic Press, 1976. parte 4, p.87-119.
- SCHNEITER, A.A. & MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. *Crop Sci.*, 21(6):901-3, 1981.
- SHAW, R.H. & WEBER, C.R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. *Agron. J.*, 59(2):155-9, 1967.
- SHIBLES, R.M. & WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Sci.*, 6(1):55-9, 1966.
- SILVA, P.R.F. da. Determinação dos efeitos de quatro densidades de plantas no rendimento de grãos e características agrônomicas em seis cultivares de milho. Porto Alegre, UFRS - Fac. Agron., 1972. 84p. Tese Mestrado-Fitotecnia.
- SILVA, P.R.F. da & SCHMIDT, E. Effect of rate and method of planting on light interception and on agronomic characteristics of sunflower. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE GIRASSOL, 11., Mar del Plata, Argentina. Anais. Mar del Plata, s.ed., 1985. p.295-9.
- SOUZA, G.L. de. Influência de densidade de plantas e espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos, interceptação de luz e outras características agrônomicas de duas cultivares de milho (*Zea mays* L.). Porto Alegre, UFRS - Fac. Agron., 1976. 109p. Tese Mestrado-Fitotecnia.
- STICKLER, F.C. Row width and plant population studies with corn. *Agron. J.*, 56(4):438-41, 1964.

TANAKA, A. The relative importance of the source and the sink as the yield-limiting factors of rice. s.l., Taiwan Food & Fertilizer Technology Center, 1972. 16p. (Technical Bulletin, 6)

VIJAYALAKSHMI, K.; SANGHI, N.K.; PELTON, W.L. & ANDERSON, C.H. Effects of plant population

and row spacing on sunflower agronomy. Can. J. Plant Sci., 55(2):491-9, 1975.

VRANCEANU, A.V. El girassol. Madrid, Mundi-Prensa, 1977. 379p.